

Г. Е. БОГОЯВЛЕНСКАЯ ВУЛКАН БЕЗЫМЯННЫЙ НА КАМЧАТКЕ И ЕГО АГЛОМЕРАТОВЫЙ ПОТОК

СТРОЕНИЕ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННОГО И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ПОСЛЕДНЕГО ИЗВЕРЖЕНИЯ

Вулкан Безымянный расположен в Ключевской группе вулканов на юго-юго-восточном склоне древнего потухшего вулкана Камень. Координаты вершины вулкана: 55°58'с. ш., 160°35' в. д. Абсолютная высота вулкана до извержения 1955—1956 гг. 3085 м, после извержения — около 2900 м. До 1955 г. вулкан считался потухшим, в историческое время извержений зафиксировано не было. Первоначально автор этой статьи исследовала вулкан летом 1954 г. (Богоявленская, 1957). Катастрофическое извержение вулкана Безымянного в 1955—1956 гг. подробно описано в статье Г. С. Горшкова (1957). Последствия этого извержения были изучены автором совместно с Г. С. Горшковым в 1956—1957 гг. Особенности агломератовых потоков последнего извержения изучались автором в 1958 г. В данной работе ход извержения излагается лишь в связи с описанием продуктов извержения вулкана.

Вулкан Безымянный вытянут в широтном направлении и представляет собой сложную постройку, состоящую из двух существенно различных частей — более древней восточной и молодой — западной (рис. 1).

По мнению Г. С. Горшкова (1957), восточная часть вулкана представляла собой большой экструзивный купол, образовавшийся, по-видимому, в кратере древнего стратовулкана. Купол этот закупорил канал вулкана, что привело к перемещению эруптивного центра к западу. Изучение внутренних стенок кратера обнаружило несколько иное строение восточной части вулкана.

Восточная, более древняя часть вулкана представляет собой стратовулкан, сложенный преимущественно пирокластическим материалом, перекрытым лавовыми потоками¹. Мощная, незначительно стратифицированная пирокластическая толща обнажена в стенках кратера, ее видимая мощность (от дна кратера) составляет 200—300 м. Обломки представлены лавами, состав которых варьирует от двупироксеновых андезитов до роговообманково-пироксеновых андезитов.

Преобладающая масса обломков представлена серыми, зеленовато-серыми, розово-серыми роговообманково-пироксеновыми андезитами, слагающими обрывы склонов кратера, внешние склоны вулкана и правый

¹ Восточная часть вулкана до последнего извержения детально не изучалась. Некоторое представление о ее строении удалось составить после посещения летом 1956 и 1957 гг. нового кратера вулкана и осмотра его стенок. Более детальному исследованию внутренних стенок кратера мешали непрерывные камнепады со стенок кратера.



Рис. 1. Вулкан Безымянный до извержения 1935 г. Вид с юга. Фото Б. И. Пийпа

борт долины реки Сухой Хапицы в 10—15 км от кратера вулкана, куда этот древний пирокластический материал был выброшен, по-видимому, взрывом 30 марта 1956 г.

Толща пирокластике перекрыта лавовыми потоками, концы которых обнажаются в нижних частях южного и юго-восточного склонов вулкана, в руслах сухих рек. Потоки сложены очень светлыми кислыми роговообманково-пироксеновыми андезитами, андезито-дацитами, часто сильно измененными с поверхности. Концы двух лавовых потоков (или два конца одного потока) выходят также на южном склоне Безымянного вулкана из-под купола Лохматый. Завершал восточную древнюю постройку вулкана, по-видимому, внутрикратерный кислый купол, закупоривший жерло вулкана.

Западная, более молодая часть вулкана представляет собой стратовулкан с преобладанием лавовых потоков над пирокластикой. Нижние лавовые потоки и некоторые верхние отделены друг от друга тонкими прослоями рыхлого пирокластического материала, представляющего собой шлаки и обломки основных андезитов. В большей же части лавовые потоки непосредственно налегают один на другой, составляя в совокупности мощные пачки согласно залегающих пластов лавы. Западная молодая постройка вулкана, в большей степени чем восточная, сложена основными по составу лавами.

Более ранние длинные потоки западной части вулкана сложены более основными темными почти черными лавами с мелкими вкрапленниками плагиоклаза и пироксена; по составу породы отвечают андезито-базальту.

Основные лавовые потоки молодого вулкана стекали главным образом на южный и юго-западный склоны вулкана, частично перекрыв кислые потоки восточной части вулкана. Последние более молодые, более вязкие и короткие лавовые потоки западного вулкана изливались на южный склон, перекрыв, по-видимому, вершину восточного старого вулкана. Потоки сложены более кислыми, чем ранние лавы этой части вулкана, двупироксеновыми андезитами и роговообманковыми андезитами. Некоторые самые молодые лавовые потоки, очень вязкие мощные и корот-

кие, располагающиеся, у самого кратера, очень близки по форме и составу к экструзивным образованиям.

Кратер западного молодого вулкана до последнего извержения был заполнен куполом (или шлаковым конусом), разделившим этот кратер на две воронки — западную и восточную. Западная воронка, которую мы посетили летом 1954 г., до извержения 1956 г. представляла собой котловину, открытую на запад, заполненную плотным фирном. Западная шарра начиналась из этой котловины. Никаких следов современной деятельности вулкана (кроме пород, измененных фумаролами) здесь обнаружено не было.

Восточную кратерную воронку, из которой брала начало восточная шарра, до извержения посетить не удалось.

Как восточная, так и западная части сложной постройки вулкана Безымянного характеризуются побочными образованиями, расположенными на южном склоне вулкана и у его подножия с южной стороны. Экструзии и по способу, и по времени их образования очень различны. Всего имеется 11 побочных экструзивных куполов вулкана Безымянного. Наиболее древним экструзивным образованием у подножия вулкана является «Плотина», представляющая собой четыре слившихся лавовых купола (рис. 2). Куполы имеют сильно сглаженную эрозией поверхность и уже утратили все морфологические особенности, свойственные экструзивным формам.

Крайний южный купол «Плотины» расположен несколько обособленно, отделяясь от остальных низкой перемышкой. Сложен он темно-серыми, почти черными, основными по составу двупироксеновыми андезитами. На юге лавы купола контактируют с древними плагиопорфировыми лавами, как бы обтекая последние, отчего купол в плане имеет форму, приближающуюся к серповидной. Купол является, по-видимому, наиболее ранним образованием среди всех экструзий. Три остальных купола тесно слились, четко выраженных границ не имеют.

Два крайних купола (рис. 2, 2, 4) сложены серым роговообманковым андезитом, средний купол (3) двупироксеновым андезитом, более темным, чем андезит куполов 2 и 4.

Все четыре купола «Плотины» с запада окаймлены дайками, которые тянутся вдоль склонов куполов и ограничивают их контуры. Дайки имеют вид вертикальных или крутопадающих (азимут падения 70°) стенок, высотой 50—70 м и мощностью до 1—3 м, с характерной отдельностью типа поленицы. Сложены дайки серым андезитом, близким к породам, слагающим купола 2 и 4.

Расположение даек в виде окаймляющих стенок вокруг куполов говорит о том, что дайки внедрились по кольцевым разломам, образовавшимся вокруг куполов. По аналогии состава лав, слагающих куполы 2, 4, и даек можно заключить, что несколько более кислые роговообманковые андезиты «Плотины» внедрились позже куполов 1 и 3. Время формирования экструзивного образования «Плотина», по-видимому, близко началу деятельности вулкана Безымянного.

На той же прямой линии, что и «Плотина», располагаются два побочных купола Гладкий и Правильный, время формирования которых несомненно надо относить ко времени деятельности восточной половины вулкана. Оба эти купола, как и куполы «Плотины», мало похожи на типичные экструзии. Они имеют вид сглаженных эрозией правильных конусов, склоны которых покрыты россыпью глыб. Коренные породы с вертикальной отдельностью отмечаются лишь у самой вершины. Оба купола сложены светло-серыми плотными роговообманковыми андезито-дацитами по внешнему облику, минералогическому и химическому составу очень близкими к андезито-дацитам старых лавовых потоков восточной половины вулкана.

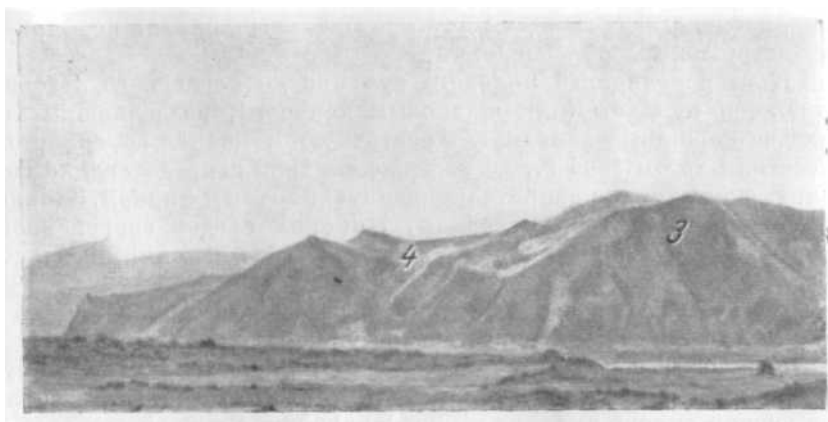


Рис. 2. Экструзивное образование

1, 2, 3, 4—

Несомненно, указанные куполы и по возрасту близки к этим кислым лавовым потокам.

Формирование других побочных куполов связано с деятельностью западной вулканической постройки. Среди них можно выделить два типа куполов, отличающихся друг от друга и по морфологическим особенностям, и по составу слагающих их пород.

Первая группа — куполы Лохматый, Экспедиции, Треугольный зуб и Побочный — типичные современные экструзии (куполы выжимания), со скальной вершиной, изобилующей монолитами и обелисками; склоны их покрыты мантией рыхлых пород. Сложены куполы серыми рогово-обманково-пироксеновыми андезитами.

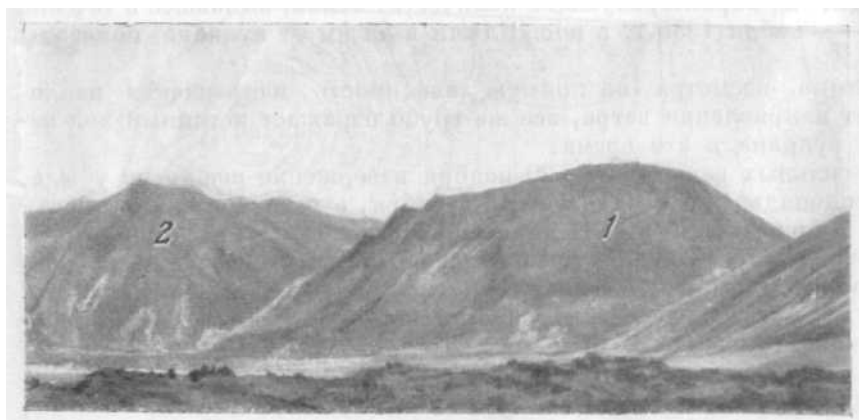
Вторая группа (куполы Двуглавый и Ступенчатый) представляют собой лавовые образования типа эффузивных куполов. Лава, слагающая южный склон купола Ступенчатого, располагается уступами, понижающимися от вершины купола; северный склон купола резко выраженный и обрывистый. Куполы сложены темно-серыми двупироксеновыми более основными андезитами, чем лавы других экструзивных куполов. По-видимому, лава этих куполов частью выжималась, а частью изливалась из трещин.

История образования этого небольшого, но достаточно сложного вулкана нам представляется следующим образом.

Вулкан Безымянный образовался в послеледниковое время на линии сброса древнего вулкана Камень. Морена последнего оледенения не содержит характерных светлых андезитов вулкана Безымянного.

Деятельность вулкана началась, по-видимому, с излияния лавовых потоков андезитового состава, скрытых в настоящее время толщей пирокластического материала. Излияния лавовых потоков сменились сильными эксплозиями, отложившими мощные толщи пирокластики вокруг жерла вулкана. Одновременно с кратерными эксплозиями происходило выжимание куполов «Плотины» у подножия вулкана. Породы, слагающие куполы «Плотины» и обломки лав пирокластической толщи по химическому и петрографическому составу очень близки.

После сильных эксплозивных извержений и выжимания экструзивных куполов вулкан перешел в стадию эффузивной деятельности. Изливались очень кислые андезито-дацитовые потоки. Деятельность восточной половины вулкана завершилась выжиманием экструзивного купола в кратере вулкана (ныне совершенно уничтоженного взрывом) и образованием латеральных куполов Правильного и Гладкого. Лавы, слагающие эти куполы, идентичны последним лавовым потокам этого вулкана.



«Плотина». Фото автора.
лавовые куполы

Плотное закупоривание канала вулкана привело к некоторому перерыву деятельности вулкана и перемещению эруптивного центра вулкана к западу. Величина перемещения эруптивного центра составляла 200—300 м.

Деятельность западного молодого вулкана началась излиянием основных андезито-базальтовых потоков, перемежающихся с выбросами небольших количеств пирокластического материала. Последние извержения нового вулкана характеризовались появлением более кислых по отношению к первым излияниям, андезитовых потоков и образованием латеральных куполов у подножия вулкана.

В конце вулканической деятельности одновременно с выжиманием экструзий на склонах вулкана, в кратере западной постройки вулкана сформировалась лавовая пробка, снова закупорившая канал вулкана и образовались небольшие латеральные экструзии, куполы Побочный и Треугольный зуб. Лавы этих экструзий имеют более кислый состав, чем агломератовая лава последнего извержения; они представлены свежими серыми роговообманково-гиперстеновыми андезитами.

После перерыва, длившегося несколько столетий, в 1955—1956 гг. произошло извержение. Оно является началом третьего важного этапа деятельности вулкана Безымянного.

Описание извержения 1955—1956 гг.

Извержение, наблюдаемое Г. С. Горшковым (1957) и автором, началось 22 октября около 6 часов утра выбросом белого газового облака, вслед за которым из вновь открывшегося кратера началось обильное выделение пепла. Начиная с этого дня и в течение последующего месяца почти непрерывно из кратера поднимался столб газа с пеплом. В этот третий этап деятельности вулкана зоной наименьшего сопротивления, по которой образовался новый канал (имеется в виду только верхняя часть канала), оказалась граница восточной и западной постройки вулкана. Деятельность в течение октября — ноября и начала декабря носила вулканский характер. Эруптивное облако имело типичный вид «цветной капусты». Диаметр нового кратера в начале извержения достигал 300 м. Столб пепла в первые дни поднимался на высоту 1—2 км, а в моменты усиления эруптивной деятельности вулкана высота его достигала 6,6 км над кратером. С первого дня извержения в окрестностях вулкана начались пеплопады, особенно усилившиеся в середине

ноября. Цифры, характеризующие количество пепла, выпавшее в течение октября — декабря 1955 г. в пос. Ключи в 45 км от вулкана, показаны на рис. 3.

Диаграмма, несмотря на прямую зависимость направления пепловых туч от направления ветра, все же грубо отражает истинный ход извержения вулкана в это время.

После сильных взрывов 7 и 20 ноября извержение пошло на убыль. Редкие пеплопады происходили до 15 декабря, а в январе вулкан почти совсем не выбрасывал пепла. Ноябрьские взрывы сильно расширили кратер, из которого в течение января и последующих трех месяцев выходили главным образом светлые клубы газов, лишь изредка с примесью пепла. В январе месяце в кратере вулкана началось выжимание внутрикратерного пробкового купола. И это время кратер, несколько вытянутый в ши-

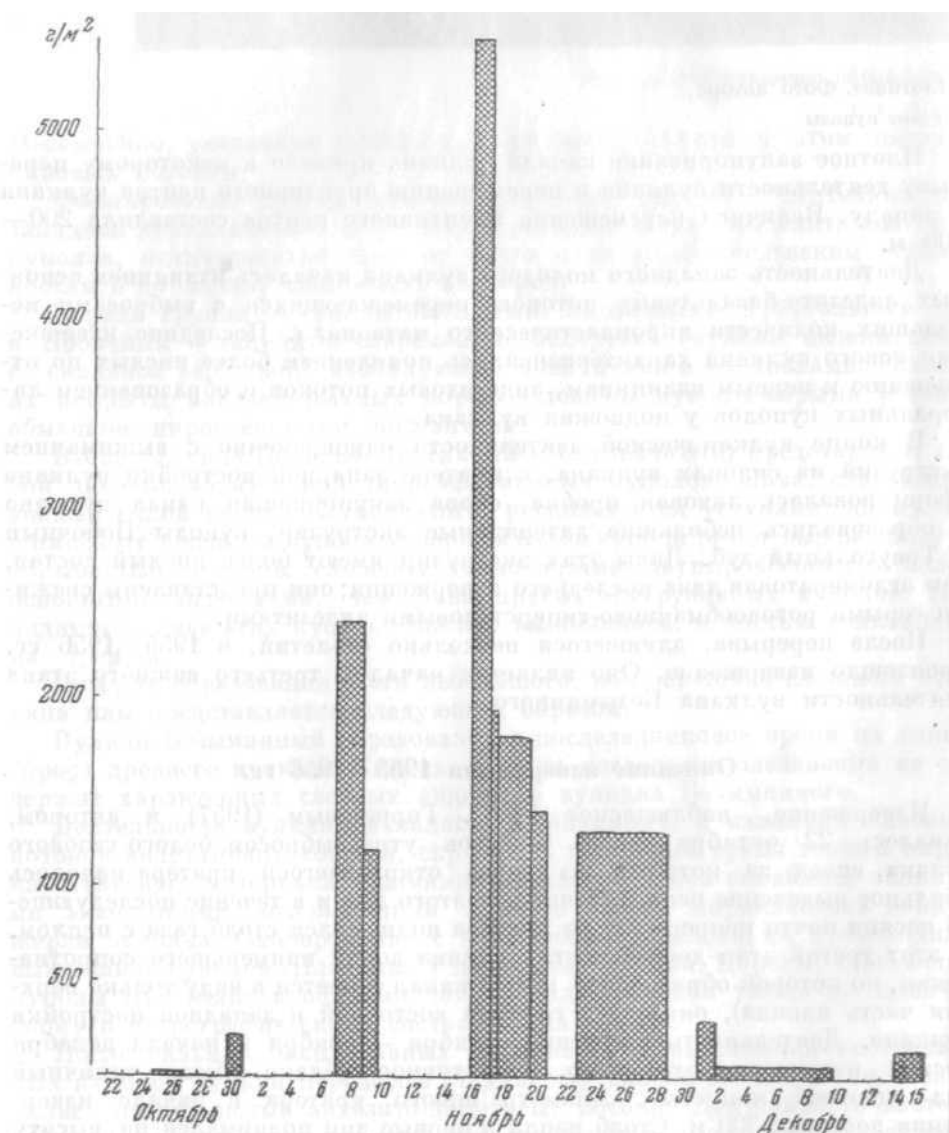


Рис. 3. Выпадение пепла в пос. Ключи в октябре — декабре 1955 г.

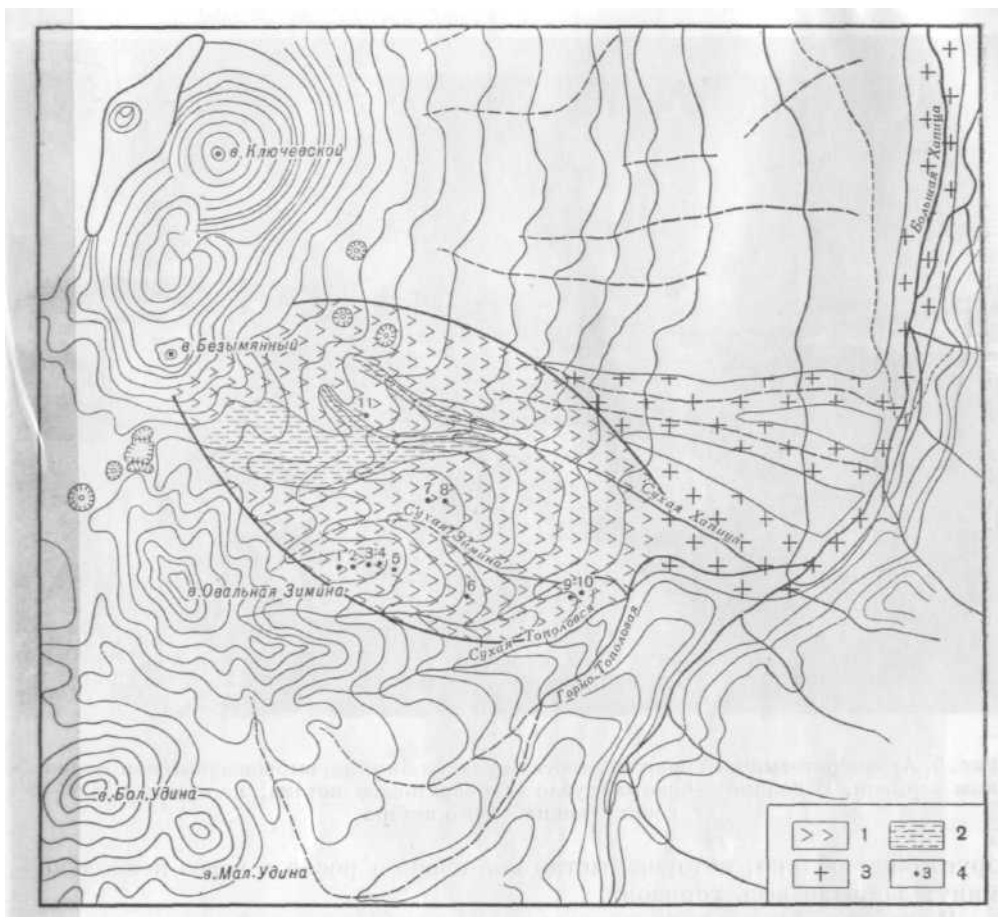


Рис. 4. Схематическая карта отложений «Палящих туч», агломератовых и грязевых потоков во время взрыва 30 марта 1956 г.

1 — зона мощных песчаных отложений «Палящих туч»; 2 — отложения агломератовых потоков; 3 — отложения грязевых потоков; 4 — точки замера мощности песчаного слоя

ротном направлении имел диаметр около 1000 м. Глубина его была очень невелика, так как весь он был заполнен выжимающейся твердой лавой.

К этому времени южный и юго-восточный склоны вулкана претерпели значительные изменения. Расширившийся кратер захватил всю вершину двойной постройки вулкана. Выжимание кратерной пробки сопровождалось подвижками на юго-восточных и восточных склонах вулкана, особенно на границе двух построек; в связи с этим хорошо стал заметен древний купол, венчающий восточную вулканическую постройку. Кроме местных подвижек, произошел общий подъем древнего купола восточной постройки вулкана, причем линия юго-восточного склона как бы передвинулась и вулкан расширился. Этот факт свидетельствовал об очень сильном магматическом давлении. Рост внутрикратерного купола в феврале и марте сопровождался взрывами и раскаленными лавинами, скатывающимися по склонам вулкана.

30 марта наступил переломный момент в ходе извержения. В этот день произошел огромной силы взрыв, изменивший не только форму вулкана, но и рельеф окружающей местности. Взрыв произошел в 17 ч. 11 м. по местному времени. Над вулканом поднялось косо направленное к востоку

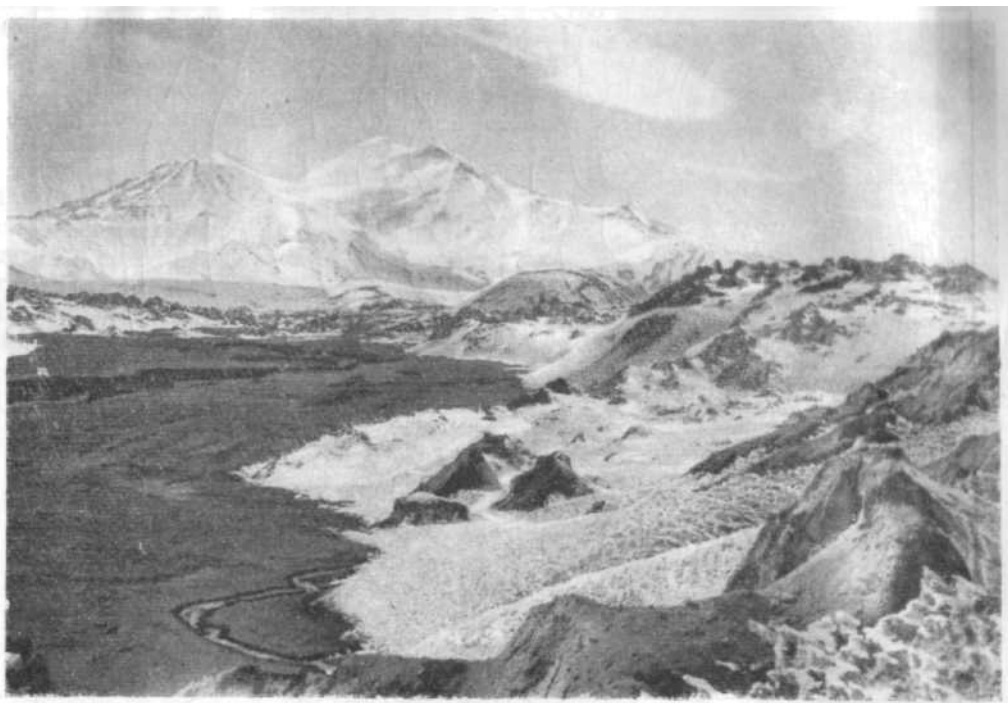


Рис. 5. Агломератовый материал на отрогах вулкана Зими́на, выброшенный направленным взрывом. В долине — боковое русло агломератового потока; на втором плане — сопки Зими́на. Фото автора

эруптивное облако, которое быстро ширилось и росло и через несколько минут закрыло весь горизонт.

В это же время с юго-восточного подножия Ключевской сопки в долине р. Сухой Хапицы появились темные облака, которые скатывались по склону волнами и сопровождались искрами. Эруптивная туча поднялась на высоту 34—35 км и имела типичный вид «цветной капусты». Сначала туча распространялась по всем направлениям, затем ветром ее понесло на северо-восток. Через несколько минут туча, пройдя расстояние в 45 км, достигла пос. Ключи. Эруптивная туча была неширокой, и пока не начался пеплопад из Ключей в направлении на восток и запад было видно ясное небо. Туча была плотной и двигалась очень быстро; когда она Пыла над Ключами, внезапно поднялся сильный встречный северо-восточный ветер, прекратившийся через несколько минут. Около 17 ч. 40 м. начался сильный пеплопад, к 18 часам 20 минутам наступила непроглядная тьма. Выпадение пепла сопровождалось сильными грозовыми раскатами и продолжалось около трех с половиной часов, пепел образовал слой в 2 см (24, 5 кг на m^2).

Пеплопад прошел узкой и длинной полосой, ширина которой была около 50 км, а длина превышала 400 км. Количество пепла, выпавшего на этой площади, равнялось 0,1 km^3 .

Кульминационный взрыв 30 марта неузнаваемо изменил вулкан Безымянный и преобразил обширные области, лежащие у его подножий. Вершина вулкана понизилась на 200—300 м. Громадный кратер, образованный взрывом, занял не только вершину, но и юго-восточные склоны вулкана. Кратер оказался несколько вытянутым в широтном направлении и достиг размеров 1,5 X 2 км. Гребень кратера на востоке опустился до основания вулкана и кратер открылся в этом направлении.

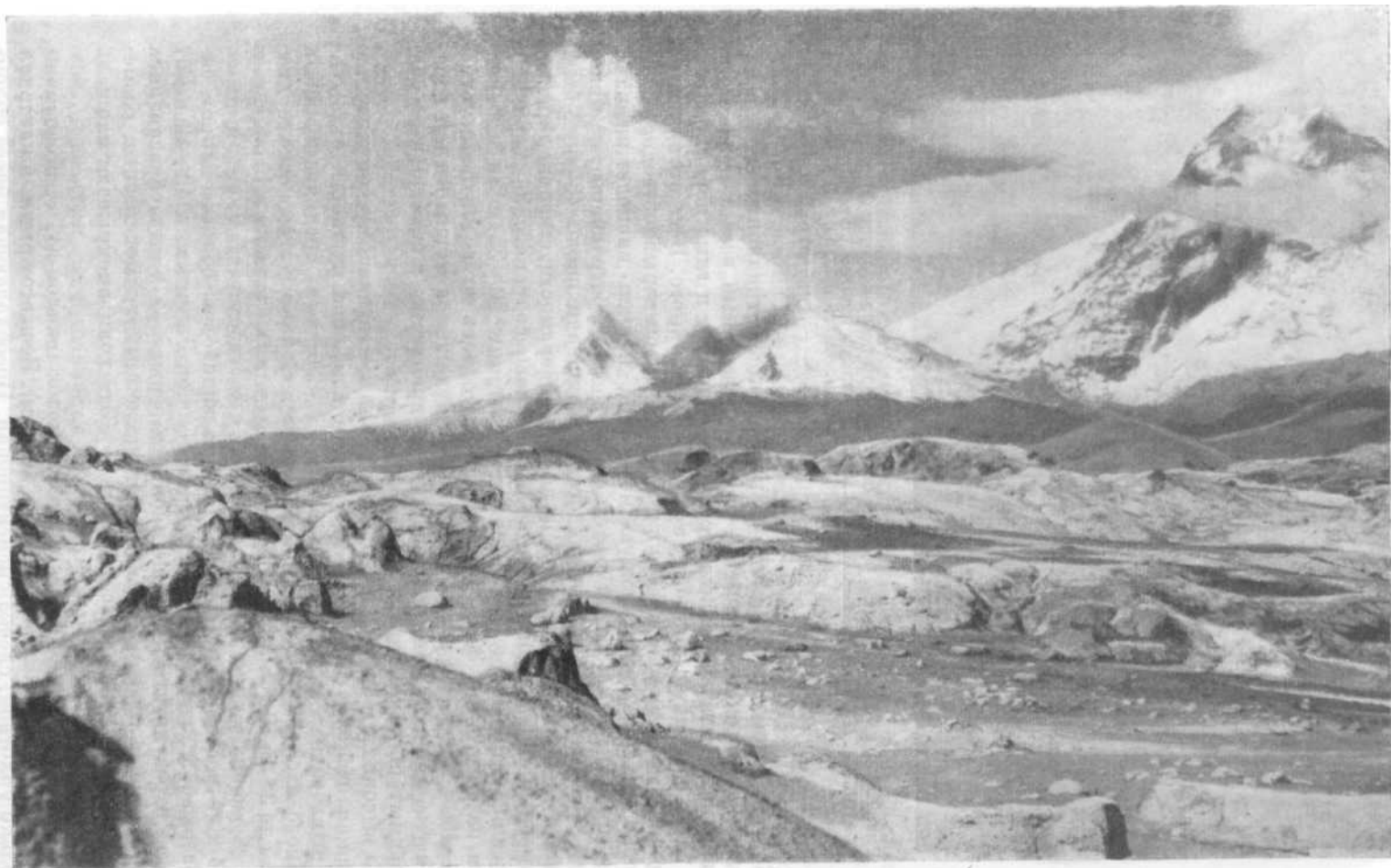


Рис. 6. Материал старой постройки вулкана, выброшенный взрывом. На заднем плане (слева направо) вулканы Безымянный и Камень. Фото автора



Рис. 7. Верхушки деревьев, высушенные взрывом на расстоянии 20—25 км от вулкана. Кустарник, покрытый в момент взрыва снегом, сохранился.
Фото автора

Как уже упоминалось выше, взрыв не был вертикальным, а был направлен на восток под углом 40—45°. Направленный взрыв нес с собой большое количество раскаленного песка, обломков и глыб пород, слагавших ранее восточную постройку вулкана Безымянного. Весь этот рыхлый материал, выброшенный вместе с газовым облаком взрывной волной, значительно изменил окружающую местность, причем наибольшие изменения произошли в осевой части области распространения взрывной волны. Вся древесная растительность на площади около 400 км² была иссушена, а иногда и обуглена, а кора с поверхности стволов деревьев со стороны, обращенной к вулкану, оказалась содраной. Зона распространения направленного взрыва имеет ширину 20—25 км и протягивается на расстояние 30 км от вулкана, спускаясь до абсолютных отметок — 150—200 м. На всей этой площади отложился мощный слой горячего песка и пепла, который в настоящее время уже в большинстве участков смывает поверхностными водами.

На высоких отрогах сопок Зиминых, близко к главному направлению взрыва, в нескольких точках нами были измерены мощности отложенного рыхлого материала. В точках 1, 6, 7, 8 (рис. 4) средняя мощность песчаного слоя 35—40 см, с обломками свежей лавы в этом песке — диаметром до 20 см. В точках 9, 10 мощность песчаных отложений 15 см. В точке 11 у Амбона мощность песчаного слоя тоже достигает 40 см.

Помимо песчаных отложений, покрывающих всю область направленного взрыва, у начала северных отрогов сопки Зиминых, в 12—13 км от вулкана в результате кульминационного взрыва 30 марта образовались своеобразные отложения в виде многочисленных холмов разных размеров (от 1—2 до 10—20 м высотой) (рис. 5). Эти холмы покрывают площадь около 7 км².

Сложены все холмики агломератовым материалом (т. е. всевозможного размера обломками лав, песком, пеплом). Весь этот рыхлый материал несколько уплотнен, слегка сцементирован. Преобладающая масса облом-

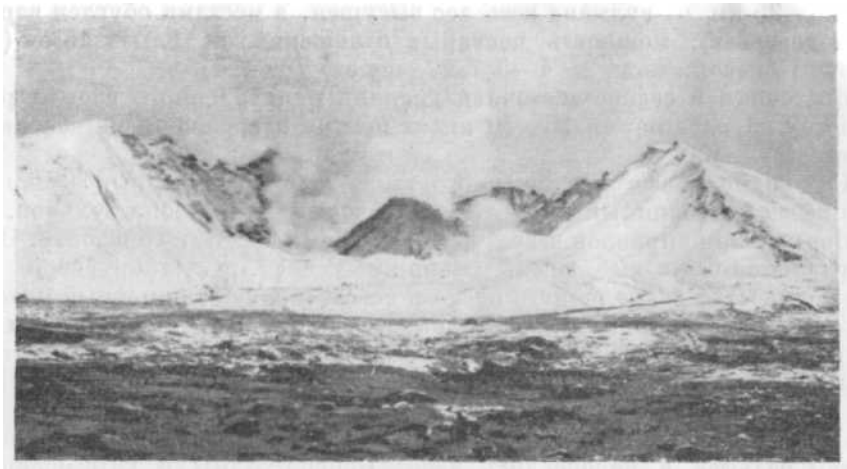


Рис. 8. Купол Новый в кратере вулкана Безымянного, лето 1956 г.
Фото автора

ков лав представлена старыми лавами вулкана Безымянного. Точно такие же лавы (по минералогическому и химическому составу) во множестве встречены в пирокластических отложениях, слагающих стенки кратера. Лавы — розовато-серые, зеленовато-серые, роговообманково-пироксеновые андезиты, многие обломки лав с поверхности покрыты корочкой выветривания, придающей породе светло-зеленый оттенок. Песчаная и пепловая масса, слагающая холмы, местами тоже имеет зеленоватый тон и при беглом знакомстве напоминает эродированную взрывами морену.

При детальном изучении материала, слагающего холмы и их основания, оказалось, что большинство холмов лежит на почве.

Расположение материала, слагающего холмы на наиболее высоких точках старого рельефа, где агломератовые потоки явно не проходили, состав пород этих холмов убеждает в том, что весь материал холмов был выброшен первым направленным взрывом или «Nuees ardentes» направленного действия. Этот взрыв нес с собой главным образом материал взорванной старой постройки вулкана (рис. 6).

Характерно, что эти холмы отмечаются лишь в осевой части направленного взрыва. Несмотря на то, что направленные взрывы покрыли большой сектор восточного склона вулкана, уже на левом берегу р. Сухой Хапицы холмов нет совсем.

Далее на юг на склонах вулканов Зиминых — примерно параллельно р. Первая Сухая Тополовая проходит граница распространения песчаных отложений взрыва вулкана Безымянного. Граница площади, захваченной направленным взрывом, достаточно резкая и выделяется не только по мощности песчаного слоя, но главным образом по зоне растительности, высушенной и ободранной взрывом. Высокий отрог вулкана Зимина, являющийся левым склоном долины р. Первой Сухой Тополовой, явился южной границей направленного взрыва.

На юго-востоке крайней границей области, испытавшей воздействие направленного взрыва, являются увалы на правом берегу р. Горно-Тополовой. Древесная растительность (на расстоянии 28—30 км от вулкана), покрывающая эти увалы, в нескольких участках высушена и эти пятна сухого леса четко выделяются на фоне зеленого массива. Несколько ближе к вулкану на увалах по берегам р. Сухой Зиминной, на расстоя-

нии 24—25 км от вулкана весь лес высушен, а местами обуглен взрывом (25% деревьев), мощность песчаных отложений на холмах 15 см (10 см сверху — песок, ниже — 4—5 см — пепел) (рис. 7).

Восточная и северо-восточная граница направленного взрыва располагается на расстоянии 26—30 км от центра извержения на абсолютной высоте 200—150 м.

Как видно из всего изложенного выше, гигантский взрыв 30 марта захватил весь вершинный кратер и часть восточного склона вулкана.

Взрыв был направлен к востоку под углом 30—40° к горизонту. В этом направлении были выброшены «Палящие тучи», несущие с собой большое количество раскаленного песка и пепла и грубообломочный материал взорванной постройки самого вулкана. «Палящие тучи» захватили площадь около 400 км², пройдя на восток расстояние около 30 км от вулкана (на всей этой площади ободрана кора деревьев со стороны взрыва, лес поломан, а иногда и обуглен).

«Палящие тучи» при своем движении не следовали по неровностям рельефа, а перенеслись через многие холмы и возвышенности, расположенные на их пути. Обломочный материал, захваченный тучами, был менее подвижен и менее насыщен раскаленными газами, чем агломератовые потоки и поэтому материал направленных «палящих туч» лежит не только в долинах, но и на высоких отрогах вулкана Зимина, в 12—14 км от вулкана. В результате взрыва на вулкане Безымянном образовался большой, открытый к востоку кратер размером 1,5 X 2 км.

В открытый боковой пролом нового кратера хлынули мощные агломератовые потоки, заполнившие долину р. Сухой Хапицы. Раскаленный материал агломератового потока был очень подвижен, сильно насыщен горячими газами и поэтому не отложился на крутых склонах, а заполнил все понижения рельефа, обойдя крупные возвышенности и перекрыв отложения направленного взрыва.

Огромная масса вновь выброшенного раскаленного материала вызвала мгновенное таяние снега с образованием бурных грязевых потоков (лахаров), которые понеслись вниз, сметая все на своем пути. Наиболее крупный грязевой поток прошел от конца агломератового потока по р. Сухой Хапице, грязевые потоки меньшего размера прошли также со склонов сопки Зиминной и по восточному склону Ключевской сопки.

Грязевые потоки, дойдя до реки Большой Хапицы, повернули вдоль долины к северу и на расстоянии 80—85 км от вулкана впали в р. Камчатку.

Тучи пепла над кратером поднялись на высоту 40 км. К северо-востоку от вулкана на расстоянии 400 км наблюдался пеплопад.

Рост внутри кратерного купола. Непосредственно вслед за взрывом 30 марта в кратере началось выжимание экструзивного купола, рост которого сопровождался умеренными взрывами и небольшими раскаленными лавинами, скатывавшимися по склонам купола. Так. 21 июня 1956 г. туча пепла поднялась на 8 км над кратером. 22 июля эруптивные облака типа «цветной капусты» поднялись на высоту до 10 км над кратером. Автор этой статьи находился в это время на северном склоне вулкана Зимина и мог наблюдать это небольшое извержение от начала до конца.

Через пять—семь минут после того, как эруптивные облака начали подниматься над вулканом, от купола на восток в пролом кратера покатались небольшие раскаленные лавины, прошедшие путь 2—3 км от кратера. Эруптивные облака поднимались только со склонов растущего купола; одновременно с ними в западной части кратера за куполом поднимались



Рис. 9. Купол Новый в кратере вулкана Безымянного, лето 1956 г.
Фото Н. К. Классова



Рис. 10. Изменения вершины купола Нового к лету 1958 г. Фото автора

белые клубы газов. Выделение эруптивных облаков и раскаленных лавин было совершенно бесшумным и даже тот шум, который ранее был слышен из кратера, как будто прекратился на время извержения.

В июле-августе образование купола в основном закончилось. К этому времени высота его была около 300 м над кратерным дном, диаметр 350 м (рис. 8). Нижние части купола были покрыты «брекчиевой корой». В это время на куполе происходили частые, но слабые взрывы и скатывались небольшие раскаленные лавины, имевшие уже несколько иную природу: это были лавины, вызванные обвалом верхних частей экструзии. Их падение сопровождалось грохотом. При обвалах на куполе появлялись участки раскаленной лавы; температура лавы, судя по свечению, не превышала 700°. Осенью 1956 г. рядом с куполом была выжата еще одна небольшая экструзия, которая примкнула к образованному ранее куполу и расширила его. Таким образом, он занял почти всю ширину кратера и основание его достигало 700 м. Зимой 1956—1957 гг. рост его прекратился и извержение практически закончилось. В 1957—1958 гг. вулкан находился в состоянии спокойной фумарольной деятельности и только изредка внутри купола происходили подвижки монолитного ядра и поверхность его разрушалась, превращаясь в «брекчиевую кору».

Посетив кратер вулкана летом 1958 г., спустя два года после начала выжимания экструзии, мы обнаружили, что купол вырос и внешний вид его изменился по сравнению с 1957 г., хотя вулкан не проявлял особой активности за последний год. Изменения состояли в том, что большая часть кратера вулкана была заполнена агломератовой мантией купола и монолитная лава занимала лишь верхние 50—70 м образования, представляя собой стенку с вертикальной слоистостью. Вся остальная часть состояла из хаотически расположенных глыб. Общая высота купола достигала 400 м. Из трещин между глыбами вырывались горячие газы. Изменился характер фумарол у подножия купола. Осенью 1956 г. и в апреле 1957 г. температура фумарол у купола не превышала 100°. После того, как подножие купола покрылось мощной глыбовой осыпью, появились фумаролы более сухие, температура которых в августе 1958 г. достигала 300—350°. Эти фумаролы были приурочены главным образом к крупным глыбам осыпи и, по-видимому, имели вторичный характер (рис. 9, 10).

АГЛОМЕРАТОВЫЙ ПОТОК

Наиболее существенным результатом взрыва 30 марта было формирование в долине Сухой Хапицы большого агломератового потока с многочисленными вторичными фумаролами.

Агломератовый поток имеет довольно сложные очертания — холмы, окаймляющие вулкан с востока, разделили истоки потока на четыре рукава. Два из них, центральный и южный слились в 8 км от кратера, образовав поток шириной около 3 км. Две северные ветви заполнили соответственно истоки сухой речки Лагерной и речки Голубельной. Агломератовые потоки по этим речкам имеют очень незначительную мощность и на расстоянии 10—12 км от кратера сходят на нет. Вниз по долине реки Сухой Хапицы ширина основного русла потока постепенно уменьшается и в 18 км от вулкана он оканчивается характерным валом из грубоокатанных валунов свежей лавы, напоминающим конечно-моренный вал. Агломератовый поток в момент извержения обладал большой текучестью и вследствие этого отлагался на крутых склонах вулкана и возвышенностях окружающей местности. Поэтому отложения агломерата вблизи кратера почти отсутствуют, а начинаются лишь у подножия вулкана. Площадь, занимаемая основным руслом агломератового потока, составляет 30 км². Мощность основного русла потока в краевой части достигает



Рис. 11 Русло р. Сухой Хапиды и агломератовом потоке. Фото Н. К. Классова

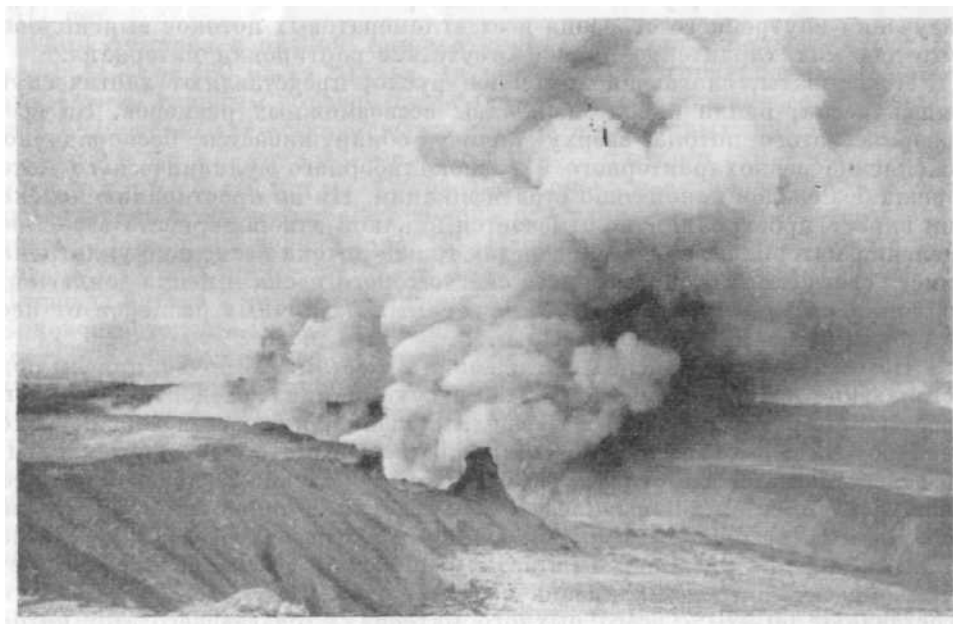


Рис. 12. Вторичные паровые взрывы на агломератовом потоке. Фото Н.К. Классова

20 м, наибольшая видимая мощность агломератового потока (в верховьях Сухой Хапицы) достигает 60—65 м. В результате топографической съемки потока в масштабе 1 : 25 000 и наложения карты нового рельефа на имеющиеся топографические карты, снятые до извержения, выяснилось, что средняя мощность потока равна 25—20 м. Объем всех агломератовых потоков приближается к 1 км³.

Особенности агломератовых отложений последнего извержения вулкана Безымянного. Агломератовые отложения, образовавшиеся 30 марта 1956 г., уже через три месяца (к лету 1957 г.) были сильно размыты многочисленными ручьями и реками, вскрывшими внутреннее строение агломератовой толщи. Уже летом 1956 г. северный край основного русла агломератового потока и поток, отложившийся в верховьях р. Сухой Хапицы, оказались промытыми глубоким каньоном, по которому текла р. Сухая Хапица (рис. 11). Кроме того, многочисленные русла временных водотоков пересекали поток во всех направлениях, углубляясь с каждым месяцем и вскрывая все более глубокие слои агломерата. Это размывание холодными водами еще горячих внутренних частей агломератового потока летом 1956 г. вызвало паровые взрывы — своеобразные «вторичные извержения», при которых выбрасывались облака пепла на высоту 200—300 м. Вместе с пеплом иногда выбрасывались мелкие камни и фонтаны грязи (рис. 12).

Особенно частые вторичные взрывы наблюдались в те дни, когда в горах проходили ливни или в очень жаркие дни при сильном таянии горных ледников. В последующие годы этих вторичных взрывов на агломератовом потоке уже не отмечалось, по-видимому, потому, что весенние и летние воды устремлялись в уже промытые, иногда до старых отложений, русла и не отыскивали себе новых путей.

Основное русло агломератового потока. При изучении внутреннего строения всех агломератовых потоков выяснилось, что для них характерно полное отсутствие сортировки материала.

Агломераты, слагающие основное русло, представляют хаотическую смесь песка, пепла и обломков лавы всевозможных размеров. Во всех разрезах этого потока сверху донизу обнаруживается беспорядочное скопление разнохарактерного и разнокалиберного вулканического материала без следов какой-либо стратификации. Ни по простиранию потока, ни вкрест простирания не отмечается никакой закономерности в распределении материала. Во всех разрезах толща потока несколько уплотнена, имеет светло-серый цвет; в массе светло-серого песка и пепла заключены обломки светло-серой пористой лавы самых различных размеров от песка до глыб диаметром до 1—1,5 м.

Поток лежит на моренных отложениях, местами на почве, причем подстилающие поток породы почти не несут никаких следов термального воздействия. Там, где можно выделить пеплы, предшествовавшие отложению агломерата, видно, что эти пеплы на контакте с потоком окислены и вследствие этого имеют бурую окраску. Окисленный слой пепла имеет мощность 2—3 см. Лавы представлены легкими пористыми андезитами с объемным весом от 1,6 до 2,3. Обломки свежего андезита слегка окатаны, острые их углы как бы стерты. В основном потоке агломерата светлые андезиты, представляющие собой свежую лаву этого извержения, составляют 60—70% всего рыхлого материала, слагающего этот поток. Помимо обломков свежей лавы, в потоке отмечаются глыбы и холмы старого материала, ранее слагавшего, по-видимому, старую восточную постройку вулкана. Старые лавы в потоке распределены неравномерно. Наиболее крупные скопления этого материала отмечаются по южному и юго-восточному краю основного русла потока. Интересно отметить, что наибольшие скопления рыхлого материала, состоящего из старых пород,

обнаруживаются на краях потока, на возвышенностях и холмах старого рельефа. Старый материал, в большей своей части, был выброшен направленным взрывом, а затем уже перекрыт агломератовыми потоками, которые скатились с возвышенностей. Летом 1956 г. через несколько месяцев после образования агломератового потока вся его поверхность была покрыта многочисленными фумаролами, средняя температура которых составляла 100° , максимальная же их температура была 200° . Следующим летом 1957 г. средняя температура на основном русле потока была $90-95^{\circ}$. Такой же она осталась и летом 1958 г. ($92-94^{\circ}$). Летом 1957 и 1958 гг. в центральной части основного русла агломератового потока были кое-где обнаружены участки с повышенной температурой фумарол. Одна из фумарол имела температуру от 170 до 250° . К лету 1958 г. количество фумарол на потоке резко сократилось, но после выпадения осадков почти вся поверхность потока парила.

Наиболее постоянными являются фумаролы в центральной части потока, но и на краях, прямо на берегу р. Сухой Хапицы два года спустя после отложения потока существовали фумаролы с той же температурой $92-94^{\circ}$. В конце потока, на расстоянии 16 км от вулкана на левом берегу р. Сухой Хапицы, где мощность агломератового потока достигает всего $5-7$ м, весь береговой обрыв летом 1958 г. был покрыт возгами и парил. Столь долгое существование фумарол при небольшой мощности потока говорит об очень малой теплоотдаче агломератовой массы, а может быть и о некоторых вторичных экзотермических реакциях.

Все фумаролы основного русла потока имеют примерно одинаковый состав. Фумаролы центральной части этого потока содержали в 1958 г. (по анализам О. Г. Борисова) $2-2,4\%$ кислорода, $5-8$ и до 29% CO_2 , $1,3\%$ H_2S , $0,15\%$ CO и до 8% CH_4 . В краевых частях потока в фумаролах содержание O_2 от $3,6$ до $13,3\%$, CO_2 — от $0,25$ до $0,9\%$, H_2S $0,007\%$, CO и CH_4 нет.

Для фумарол с низкой температурой характерно большое содержание H_2O — от 450 мг до 20 г на литр газа. В возгах вокруг фумарол отмечаются главным образом сульфаты, налеты и корочки серы, небольшое количество алюмо-калиевых и иногда аммонийных квасцов.

Боковой агломератовый поток в истоках р. Сухой Хапицы. Отложения бокового агломератового потока сконцентрированы в глубокой долине р. Сухой Хапицы и поэтому мощность потока очень велика (рис. 13). Наибольшая мощность потока в верховьях Сухой Хапицы достигает $70-75$ м, средняя мощность $40-50$ м. Площадь потока 2 км^2 , объем агломерата в этом потоке около $0,2-0,3 \text{ км}^3$. Боковой поток несколько отличается от основного агломератового потока составом слагающих его обломков лав. Как уже упоминалось, южный край потока промыт глубокой долиной р. Сухой Хапицы и вся толща отложений хорошо обнажена. Боковой поток лежит на речных отложениях (галечники, пески р. Сухой Хапицы), иногда покрытых пеплами первых фаз извержения Безымянного. Большая часть толщи агломерата сложена обломками лав старых пород вулкана Безымянный и лишь верхние горизонты потока представляют собой свежую агломератовую лаву последнего извержения. По нашим представлениям толща агломерата этого потока не менее чем на $60-70\%$ состоит из старых пород взорванной постройки вулкана. Толща агломерата этого потока имеет общий серо-розовый тон, причем в местах наибольшей мощности потока нижние части толщи имеют зеленовато-серую окраску ($10-20$ м мощности снизу), а верхние серо-розовую окраску. Обломки старых пород, слагающих толщу агломерата, представлены, в главной массе, роговообманковыми и пироксеновыми андезитами серой окраски, совершенно аналогичными как обломкам пород, выброшенным направленным взрывом, так и обломкам лав,



Рис. 13. Боковой агломератовый поток в верховьях р. Сухой Хапицы. Фото автора.
Линией указаны контуры потока.

слагающих толщу пирокластики в кратере. По-видимому, большая часть агломератовой толщи этого потока представляет собой материал взорванной постройки вулкана и выброшена сюда направленным взрывом. Скатившиеся затем раскаленные агломератовые потоки, несшие главным образом обломки свежих лав, перекрыли вышеописанные толщи.

Очень интересно расположение фумарол на этом потоке. Несмотря на большую мощность потока (минимальная 30—40 м, средняя 40—50 м) на всем его протяжении уже летом 1957 г. фумаролы не были обнаружены. Исключение составляли две термальные площадки, расположенные недалеко друг от друга. Обе эти площадки, обнаруженные нами летом 1957 г., располагаются в верховьях р. Сухой Хапицы, в истоках потока на высоте 1050—1100 м.

Первая термальная площадка расположена на высоте 1100 м, в самой верхней части потока, на небольшом удлинённом холме, возвышающемся над поверхностью потока метров на 50. Холм длиной около 100 м и шириной 10—15 м вытянут в направлении движения потока. На вершине холма расположена группа фумарол с необычным цветом возгонов, отлагающихся вокруг фумарол. Пепел и песок на фумарольной площадке в 1957 г. имели яркий травяно-зеленый цвет, а корочки отлагающихся минералов ярко оранжевую, желтую и красную окраски. Температура фумарол на этой площадке летом 1957 г. неожиданно оказалась очень высокой: средняя температура была 200°; максимальная температура некоторых фумарол достигала 400° на поверхности потока. Замеры температуры, сделанные на глубине 50—70 см, дали 430—450°. Через год, летом 1958 г., максимальные температуры достигали 340°. Средняя температура фумарол этого участка по-прежнему составляла 200°. Несколько изменился состав отлагающихся возгонов; меньше стало ярко-оранжевых и зеленых возгонов, больше появилось желтых и белых налетов (сульфаты и хлориды K, Na, Mg). Состав газа высокотемпературных фумарол сильно отличается от обычных фумарол всего потока.

Высокотемпературные фумаролы сухие, содержат главным образом воздух с небольшой примесью Cl и паров воды. Фумарола с температурой 400° содержит 0,8% H_2 , 10—15 мг H_2O (на литр газа). В фумаролах с температурой 200° отмечен метан — 0,2%.

В возгонах на высокотемпературных фумаролах отмечены хлориды железа, гидроокислы и окислы железа, алунит, хлориды K, Na, Mg. Содержание хлора в возгонах достигает 23%. Породы вокруг высокотемпературных фумарол значительно изменены, имеют вид «шлаковой корки», которая состоит главным образом из гидроокислов и окислов железа.

Из анализа измененных пород и возгонов можно заключить, что из пород выносятся Fe, Al, Ca, Mg, K, Na накапливается SiO_2 , а в возгонах концентрируется Fe, Cl, S, H_2O (анализы были выполнены аналитиком О. Г. Борисовым).

Вторая фумарольная площадка располагается в 500—700 м от перво, вниз по потоку. Наивысшая температура на этих фумаролах в марте, 1958 г. была 170—180°, в августе 1958 г. температура в этом же месте поднялась до 220°; минимальная температура фумарол на этой площадке 90—100°.

Состав газа высокотемпературных фумарол этой площадки аналогичен составу газа высокотемпературных фумарол первой фумарольной площадки этого потока. Вся остальная площадка этого бокового потока совершенно лишена даже низкотемпературных фумарол и, по-видимому, является окончательно остывшей. Это тем более удивительно, что на основном русле агломератового потока, как уже упоминалось выше, даже в самом конце его, при мощности около 10 м до сих пор сохранились фумарольные площадки с температурой 92—94°.

Отсутствие фумарол на большей части бокового агломератового потока и одновременное наличие небольшого числа фумарол с очень высокими температурами говорит о своеобразных условиях, создавшихся на этом потоке. Большой процент старых пород в этом потоке, по-видимому, менее нагретых, чем свежий агломерат, обусловил быстрое остывание общей массы потока. Этому же способствовали и воды р. Сухой Хапицы, в первый же год промывшие всю толщу агломератового потока. Очень высокие температуры фумарол, сохранившиеся в течение двух лет в местах наибольшей мощности потока, обусловлены, по-видимому, не только первоначальным запасом тепла, но и вторичными окислительными процессами, происходившими в толще потока. Вторичные окислительные процессы на агломератовом потоке возникают, по-видимому, только в определенных условиях. Помимо достаточного первоначального запаса тепла в потоке, достаточной мощности отложений, свободного доступа кислорода во внутренние части потока (что в нашем случае обеспечивается интенсивной эрозией южного края потока р. Сухой Хапицей), существенное влияние оказывают и другие факторы. В их числе можно назвать:

- а) состав и количество вулканического газа, захваченного потоком,
- б) состав и количество возгонов и вторичных минералов, связанных с обломками старых пород вулкана,
- г) приток грунтовых вод в рыхлую толщу агломерата.

Вторичные окислительные процессы, идущие в агломератовом потоке, безусловно оказывают большое влияние на термальный режим и материальный состав фумарол потока.

Агломератовые потоки по рекам Лагерной и Голубельной сложены песками, пеплами, обломками свежей лавы и уже к лету 1957 г. не имели фумарол. Они имеют очень небольшую мощность (1,5—2 м).

КРАТКАЯ ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАВ И ПИРОКЛАСТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ

Породы, слагающие восточную постройку вулкана

*Пирокластический материал и древние лавовые потоки,
слагающие восточную постройку вулкана
(образцы 119, 111, 109, 106, 126)*

Роговообманково-пироксеновые андезиты

Обломки лав, слагающие толщу пирокластики в восточной части кратера, по внешнему виду представляют собой плотные, непористые породы, серого и буровато-розового цвета с многочисленными мелкими фенокристаллами пироксенов и роговой обманки размером до 1—1,5 мм. Многие обломки с поверхности покрыты желтоватой корочкой выветривания. Под микроскопом структура породы серийно-порфировая, с микролитовой структурой основной массы. В фенокристаллах — плагиоклаз, роговая обманка, моноклинный и ромбический пироксен, магнетит.

П л а г и о к л а з — в виде таблиц вытянутой формы, наибольший размер кристаллов достигает 2 мм. Центральные части кристаллов переполнены частицами стекла.

Плагиоклаз sdвойникован чаще всего по альбитовому и карлсбадскому законам, иногда наблюдаются манебахские двойники. По составу плагиоклаз относится к андезин-лабradorу и Лабradorу. В сечении \perp [100] фенокристаллы обнаруживают углы погасания — 31—35°, что соответствует 50–56% An; $2V = + 80^\circ$.

А в г и т — в виде многочисленных изометричных кристаллов или агрегатов зерен. Иногда с хорошо заметной пинакоидальной спайностью. Оптические свойства авгита $Ng - Nr = 0,022$, $cNg = 39^\circ$.

Роговая обманка — в виде редких крупных кристаллов, наибольшая величина зерен 2—2,5 см. Роговая обманка — обыкновенная, зеленовато-бурая, с заметным плеохроизмом, схема абсорбции $Ng > Nm > Nr$.

Большая часть кристаллов опацифицирована, иногда опацификация занимает половину кристалла. В этом случае происходит диссоциация кристалла роговой обманки на агрегат минералов — плагиоклаз, магнетит, пироксен (чаще гиперстен). $2V = 80^\circ$; $cNg = 26^\circ$.

Г и п е р с т е н — в виде удлинённых таблиц зеленоватого цвета с чуть заметным плеохроизмом от розового по Nr до зеленоватого по Ng . Размеры фенокристаллов 0,1—0,2 мм; $2V = -68^\circ$; $cNg = 10^\circ$.

О с н о в н а я м а с с а. Структура основной массы микролитовая. Она состоит из прямоугольных микролитов плагиоклаза, мелких зернышек пироксена, магнетита и чуть буроватого стекла, заполняющего промежутки между кристаллами.

Микролиты плагиоклаза в сечении $\perp [100]$ обнаруживают углы погасания 30, 29, 31° , что соответствует 46, 45, 50% An .

Роговообманково-пироксеновые андезиты, слагающие куполы «Плотины» (обр. 84, 85), отличаются от обломков лав пирокластике лишь большим количеством роговой обманки.

Старый лавовый поток

Двупироксеновые андезиты (шлиф № 35)

Макроскопически светло-серые породы, плотные, с небольшим количеством мелких пор, с редкими вкрапленниками цветного минерала. Под микроскопом порода обнаруживает серийно-порфировую структуру с гиалопилитовой структурой основной массы.

П л а г и о к л а з — в виде таблиц различных размеров от самых крупных 2—2,5 мм до очень мелких размеров микролита.

Крупные таблицы большей частью переполнены стеклом, иногда зональны. Плагиоклаз фенокристаллов главным образом Лабрадор, в ядре 70% An в краевых частях 60% An . Плагиоклаз сдвойникован по альбитовому $\perp (010)$ и манебахскому законам $\perp (001)$; $2V = +80, +85^\circ$.

Края кристаллов плагиоклаза иногда округлы, как будто бы разъедены. Среди фенокристаллов темноцветного минерала преобладает авгит, в виде небольших призмочек присутствует гиперстен.

А в г и т — в виде короткостолбчатых небольших кристалликов, только некоторые из них достигают 1 мм. В параллельных николях окрашены в желтоватые тона, плеохроизма не заметно, изредка отмечаются двойники по (100), $2V = +62^\circ$; $cNg = 37-40^\circ$.

Г и п е р с т е н — в виде мелких призм и небольших табличек со слабым плеохроизмом, в прямоугольникообразных разрезах угасание прямое, мелкие призмочки гиперстена местами покраснели.

О с н о в н а я м а с с а состоит из стекла и микролитов плагиоклаза, пироксена и магнетита. Структура основной массы гиалопилитовая, стекло местами расстекловано. Микролиты пироксена имеют местами бурую окраску.

Микролиты плагиоклаза в сечениях $\perp [100]$ обнаруживают углы погасания 32, 35, 27° , что соответствует 50, 56 и 43% An .

Роговообманково-гиперстеновые андезиты-дациты (образцы 30а, 31)

Макроскопически это плотные породы с небольшим количеством мелких пор; окрашены они в светло-серый или розовато-серый цвет, который местами переходит в бурый. Порода содержит большое количество фенокристаллов плагиоклаза размером около 0,5 см. В некоторых образцах фенокристаллы плагиоклаза подвержены вторичным изменениям, имеют буровато-желтую окраску. Заметных фенокристаллов темноцветного минерала очень мало; это главным образом роговая обманка в виде редких иголок (0,1—0,2 см), в тоже время в породе много очень мелких, едва различимых простым глазом, выделений темноцветного минерала, вероятно, пироксена.

Под микроскопом многочисленные выделения плагиоклаза, тонкие лейсты гиперстена, редкие кристаллы роговой обманки и магнетита заключены в гиалопилитовой основной массе.

Плагиоклаз преобладает среди порфировых выделений. Размеры его фенокристаллов достигают иногда 1 мм, но кроме таких, имеются многочисленные мелкие выделения плагиоклаза размером около 0,1—0,2 мм. Плагиоклаз обычно толстотаблитчатого облика, представляет двойники роста по карлсбадскому и альбитовому законам. Зональное строение очень хорошо выражено, и в крупных кристаллах подчеркивается расположением стекловатых включений. Состав зональных плагиоклазов меняется от Лабрадора или лабрадор-битовнита в ядре до кислого Лабрадора и андезина в краевых частях; в некоторых крупных вкрапленниках наблюдается до шести зон, причем, как правило, в каждом шлифе можно отыскать кристалл, где зональность имеет необычный характер, промежуточная зона более основная, чем ядро и краевая часть, $2V = + 80, + 84^\circ$.

Фенокристаллы в сечении $\perp [100]$ обнаруживают (в обр. 30-а, 31) углы погасания 40, 38, 44, 36, 40° , что соответствует 70, 60, 80, 57, 70% An.

Зональные кристаллы плагиоклаза обнаруживают следующие углы в сечении $\perp [100]$:

Обр. 31

Ядро	32° . . .	50% An	Третья зона	35° .	56% An
Край	25 . . .	38% »	Четвертая »	30 .	46% »
Ядро	35 . . .	56% »	Пятая . . .	27 .	40% »
Вторая зона	30 . . .	46% »			

Гиперстен. В фенокристаллах встречается в небольших количествах в виде тонких удлиненных табличек, размером до 0,1—0,2 мм. Выделения прозрачные, чуть зеленоватые, с заметным плеохроизмом от голубого оттенка по Ng до розоватого по Np.

Некоторые призмочки гиперстена имеют красно-бурю окраску, вероятно, вследствие окисления железа.

Роговая обманка присутствует в небольших количествах в виде крупных выделений, почти сплошь замещенных мелкозернистым агрегатом гиперстена, магнетита и плагиоклаза. Диссоциация роговой обманки зашла так далеко, что от роговой обманки остались лишь небольшие участки в центре зерна, а многие зерна замещены целиком.

Основная масса. В основной массе многочисленные микролиты гиперстена, плагиоклаза, магнетита заключены в слегка буроватом прозрачном стекле. Стекло сильно подверглось расстеклованию. Микролитов плагиоклаза немного, они очень мелкие, в сечениях $\wedge [100]$ обнару-

живают (в обр. 30-а, 31) следующие углы погасания: 34, 35, 36, 27, 28, 30% что соответствует 56, 47, 57, 45, 45, 47% An.

Микролиты гиперстена в большинстве случаев имеют бурую окраску.

Молодые куполы восточной постройки вулкана

Роговообманковые андезито-дациты

Купол Гладкий. Макроскопически породы имеют светло-серую окраску (иногда буровато-розовую), очень плотные, непористые с небольшим количеством мелких вкрапленников плагиоклаза (до 0,5 мм) и редкими фенокристаллами роговой обманки (отдельные кристаллики до 0,5 см).

Под микроскопом порода имеет серийнопорфировую структуру с гиалопилитовой структурой основной массы.

Плагиоклаз фенокристаллов различных размеров, наиболее крупные достигают 0,5 мм, содержат включения стекла. Образуют двойники роста по альбитовому и периклиновому законам \perp (010), [010]; $2V = -80, -90^\circ$.

Мелкие фенокристаллы плагиоклаза в сечении \perp [100] обнаруживают углы погасания: 33, 31, 30, 29°, что соответствует 54, 48, 50, 47% An.

Наиболее мелкие фенокристаллы переходят постепенно в микролиты, т. е. размеры их близки к микролитам.

Наиболее крупные фенокристаллы имеют в поперечных сечениях углы: 35, 37°, что соответствует 56, 60% An.

Кроме плагиоклаза, в фенокристаллах отмечено небольшое количество магнетита и два опациitized зерна бурой роговой обманки.

Основная масса состоит из многочисленных микролитов плагиоклаза, местами заметно ориентированных, очень мелких, различных лишь при увеличениях (x60), микролитов пироксена, некоторого количества магнетита и небольшого количества светлого прозрачного стекла. Структура гиалопилитовая, местами с переходом в пилотакситовую.

Купол Правильный. Макроскопически порода очень похожа на породы купола Гладкого. Отличается более светлой окраской, очень плотным сложением, очень редкими вкрапленниками роговой обманки.

Под микроскопом порода обнаруживает серийнопорфировую структуру с микролитовой и иногда пилотакситовой структурой основной массы.

Наиболее крупные фенокристаллы плагиоклаза достигают размера около 0,5 мм, но такие кристаллы редки; основная же масса фенокристаллов ориентирована в одном направлении, плагиоклаз в виде таблиц, свеж, стекляннопрозрачен. Часты двойники роста по карлсбадскому закону [001], и альбитовому \perp (010), $2V = +80^\circ$.

В поперечных сечениях фенокристаллы плагиоклаза обнаруживают углы погасания равные 31—33°, что соответствует 48—50% An.

Роговая обманка фенокристаллов встречена в виде отдельных зерен — одно, два зерна на шлиф. Фенокристаллы небольшие, почти сплошь опациitized, осталась незамещенной лишь центральная часть зерна. Роговая обманка бурая, плеохроирует.

В пилотакситовой основной массе микролиты плагиоклаза, пироксена и магнетита заключены в прозрачном стекле. Стекло местами имеет флюидальную структуру, вместе с микролитами обтекает фенокристаллы.

Микролиты плагиоклаза мелкие, в поперечном сечении обнаруживают углы погасания: 23, 25, 25°, что соответствует 30, 37, 37% An.

Породы, слагающие западную постройку вулкана

Лавовые потоки, слагающие западную постройку (образцы 40, 1, 9, 34, 10)

Двупирокссовые андезиты

Макроскопически плотные темно-серые породы с редкими и мелкими порами и многочисленными вкрапленниками плагиоклаза. Только редкие вкрапленники достигают 0,5 см, остальная масса кристалликов мельче. В образце 34а отмечен небольшой ксенолит около 2 см длиной. Под микроскопом породы обнаруживают серийнопорфировую структуру с гиалопилитовой структурой основной массы. В фенокристаллах главным образом плагиоклаз, пироксен, магнетит, редкие зерна оливина в сростках с гиперстеном.

Плагиоклаз фенокристаллов имеет толстотаблитчатый облик, часто сдвошшкован, иногда содержит включения стекла, очень резко зонален. Плагиоклаз сдвойникован главным образом по карлсбадскому [001] и альбитовому \perp (010) законам. Реже встречаются двойники роста по манебахскому закону \perp (001). В фенокристаллах плагиоклаз главным образом лабрадор до битовнита 70—80% An; $2V = +80^\circ$.

Пироксен (авгит). Авгит в шлифах представлен изометричными кристаллами, в параллельных николях окрашен в желтоватые тона, плеохроизма нет. Размеры кристаллов изредка достигают 1,5 мм. Редко отмечаются двойники, $2V = +80^\circ$, $cNg = 45^\circ$.

Гиперстен представлен удлиненными таблицами, иногда сдвойникован, обнаруживает заметный плеохроизм, от розоватого до голубоватого; цвета интерференции серые, $2V = -40^\circ$, $cNg = 10^\circ$.

В основной массе микролиты плагиоклаза пироксена, магнетита, небольшое количество стекла.

Микролиты основной массы в поперечных сечениях обнаруживают углы погасания 31, 32, 33, 34, 35°, что соответствует 48, 50, 54, 55, 56% An.

Молодые лавовые потоки (обр. 68, 60, 61) отличаются от старых потоков присутствием спорадической роговой обманки в виде редких крупных зерен.

Экструзивные образования западной вулканической постройки. Куполы Экспедиции, Лохматый, Побочный, Треугольный Зуб

Роговообманковые андезиты (образцы 14, а, б, 16, 32, 33, 51, 55)

Макроскопически это порфировые породы с мелкими до 3—5 мм величиной, таблитчатыми и призматическими фенокристаллами плагиоклаза белого цвета. В значительно меньших количествах порода содержит фенокристаллы роговой обманки в виде удлиненных лейст и игл до 8 мм длиной. Роговая обманка идиоморфных очертаний, черного цвета. Общее количество фенокристаллов 30%. Основная масса серого иногда буровато-серого тонов, мелконористая, шероховатая в изломе.

В породах часты гомеогенные включения, разнообразные по своим размерам и форме. Наиболее крупные достигают размера 4х9 см. Представлены более темным, чем порода, плотным андезитом с большим количеством фенокристаллов роговой обманки. Включения имеют овальную форму, окружены тонкой бурой полоской измененного андезита.

Под микроскопом порода имеет серийнопорфировую структуру гиалопилитовой структурой основной массы. В фенокристаллах плагиоклаз, роговая обманка, магнетит, редкие зерна гиперстена.

Плаггиоклаз. Размеры фенокристаллов плаггиоклаза разнообразны, от 1,5 мм до 0,2 мм. Выделения почти всегда представлены двойниками роста по карлсбадскому, альбитовому и иногда манебахскому законам. $2V = +70^\circ, +65^\circ$.

Кристаллы, как правило, зональны, причем отмечается не только обычная зональность с более основным ядром и более кислой краевой частью, но и зональность такого типа, когда ядро и краевая часть одинаково кислые, а промежуточные зоны более основные.

При обычной зональности плаггиоклаз в ядре отвечает 70% An, а на периферии 52—53% An, т. е. изменяется от основного до кислого лабрадора.

Некоторые фенокристаллы плаггиоклаза имеют зональность следующего характера: в ядре 50% An, в средней зоне 70% An, в краевой зоне 50% An.

Большинство зональных фенокристаллов плаггиоклаза содержит большое количество включений стекла.

Углы погасания фенокристаллов (в обр. 51, 55) в сечении $\perp [100]$: 40, 36, 39, 36, 30, 35, 41, 43° , что соответствует 70, 60, 69, 60, 47, 58, 75, 82% An.

Роговая обманка. Фенокристаллы в шлифе имеют небольшие размеры, их значительно меньше, чем вкрапленников плаггиоклаза; в основном, они представляют собой изометричные кристаллы размером 0,2—0,1 мм. Лишь редкие кристаллы достигают 1 мм. Как правило, роговая обманка имеет опацитовую кайму, края выделений часто оплавлены. Роговая обманка бурого цвета, плеохроизм подобен плеохроизму выше описанных роговых обманок.

Некоторые кристаллы роговой обманки в краевой части замещаются мелкозернистым агрегатом стекла, плаггиоклаза, гиперстена и магнетита. $2V = -70^\circ, -65^\circ$; $cNg = 2, 8, 10^\circ$.

Магнетит в фенокристаллах встречается редко, величина зерен не превышает 0,1—0,2 мм.

Гиперстен в описываемых породах отмечен в виде редких зерен, два-три зерна на шлиф. Представлен удлиненными табличками зеленоватого цвета с чуть заметным плеохроизмом от розоватого по Nr, до голубоватого по Ng; роговая обманка местами замещает гиперстен. Размеры фенокристаллов гиперстена 0,1—0,2 мм.

Основная масса главным образом состоит из бурого стекла, в которое погружены многочисленные микролиты плаггиоклаза, пироксена, магнетита. Микроструктура основной массы гиалопилитовая.

Микролиты плаггиоклаза в сечениях $\perp [100]$ обнаруживают (в обр. 51, 55) углы погасания: 22, 25, 27, 30° , что соответствует 30, 37, 40, 46% An.

Стекло основной массы местами расстекловано.

Гомеогенные включения. Под микроскопом выделения плаггиоклаза большого количества роговой обманки и магнетита заключены в гиалиновой основной массе.

Магнетит. Небольшое количество кристаллов магнетита относится, вероятно, к первым выделениям, так как они встречаются включенными в фенокристаллы роговой обманки. Кристаллики мелкие, края их иногда оплавлены.

Роговая обманка наблюдается в виде удлиненных лейст, призмочек и игл, длиной до 1—1,5 мм. Обычно длина призмы в 3—4 раза превышает ширину. Изредка встречаются фенокристаллы роговой обманки, имеющие форму правильных шестиугольников с хорошо выраженными двумя системами трещин спайности; угол между спайностями 124° .

Цвет роговой обманки зеленый, до темно-зеленого с хорошо заметным плеохроизмом от темного зеленовато-синего (по Ng), буровато-зеленого (по Nm) до светлого желтовато-зеленого (по Nr). Схема абсорбции данных

роговых обманок ($N_g > N_m > N_p$). Угол погасания роговых обманок около 15° .

Плагноклаз. Фенокристаллы плагноклаза самых разнообразных размеров от самых крупных (1—1,5 мм в диаметре) до мелких, приближающихся по размерам к микролитам. Крупные фенокристаллы имеют таблитчатый облик, часто зональны от лабрадор-битовнита в ядре до лабрадор-андезита в краевой части кристалла. Зональные плагноклазы местами переполнены включениями стекла, которые располагаются по зонам. Плагноклаз часто сдвойникован, двойники главным образом по карлсбадскому и альбитовому законам.

Незональные кристаллы плагноклаза представлены главным образом лабрадором 70% An; $2V = -80^\circ$.

Основная масса. Структура породы серийнопорфировая с гиалиновой структурой основной массы. Стекло основной массы чистое, прозрачное, с многочисленными мелкими круглыми порами.

Таким образом, гомеогенные включения отличаются в данном случае от содержащей их породы главным образом большим количеством темноцветных минералов и микроструктурой (включения имеют гиалиновую микроструктуру, сама порода гиалопилитовую).

Роговообманково-пироксеновые андезиты агломератового потока и нового экструзивного купола извержения 1955—1956 гг. (образцы 782, 783, 109, 99, 100, 101, 108)

Макроскопически это пористая лава светло-серого цвета, иногда очень хрупкая с заметными фенокристаллами плагноклаза и темноцветных. Очень часты в лаве гомеогенные включения.

Под микроскопом фенокристаллы плагноклаза, роговой обманки, пироксена и магнетита заключены в буроватом стекле, содержащем небольшое количество микролитов, плагноклаза, пироксена.

Плагноклаз фенокристаллов представлен крупными табличками до 2—2,5 мм в диаметре, наиболее крупные фенокристаллы переполнены частицами буроватого стекла.

Плагноклаз, как правило, сдвойникован по альбитовому, карлсбадскому и иногда манебахскому законам.

По составу плагноклаз относится к андезину и лабрадору.

О вариациях состава плагноклаза можно судить по следующим данным:

Обр. 783. Карлсбадский двойник:		
$\lambda_q = 65^\circ$, $\varphi_p = 50^\circ$, $2V = +80^\circ (+)$	45%	An
Обр. 109б. Альбитовый двойник:		
$\lambda_q = 20^\circ$, $\varphi_p = 10^\circ$, $2V = +88^\circ (+)$	50%	An
Обр. 99. Периклиновый двойник:		
$\lambda_m = 35^\circ$, $\varphi_p = 15^\circ$, $2V = +75^\circ (+)$	50%	An
Обр. 96б. Альбитовый двойник:		
$\lambda_q = 23^\circ$, $\varphi_p = 27^\circ$	60%	An

Углы погасания в сечении $\perp [100]$ в обр. 99а и 783: 26, 27, 35, 30° , что соответствует 45, 47, 55, 46% An.

Роговая обманка — распространенный минерал порфировых вкрапленников (около 20—25% всех вкрапленников). Наибольшие размеры кристаллов — 0,3—0,5 мм.

Роговая обманка обыкновенная, с хорошо заметным плеохроизмом бурых тонов, от темно-коричневого, бурого по Ng до светло-желтого по Np. Схема абсорбции обычная.

С краев роговая обманка, как правило, замещается агрегатом плагиоклаза, магнетита, гиперстена.

Оптические свойства роговой обманки: $2V = + 90^\circ (+)$, $cNg = 12$ иногда доходит до $cNg = 28^\circ$, т. е. роговая обманка варьирует от ферротремолита до гастингсита по Винчеллу (А. Н. Винчелл и Г. Винчелл, 1953).

$$Nm - Np = 0,018 \text{ (измеренное)}$$

$$Ng - Np = 0,02 \text{ (вычисленное)}$$

А в г и т — около 10% от всего количества вкрапленников, встречается в виде короткостолбчатых кристаллов размером 0,2—0,3 мм. Иногда наблюдаются сростки кристаллов. Окраска зерен зеленовато-серая. Очень редки простые двойники. Иногда наблюдается развитие роговой обманки по пироксену.

Оптические свойства авгита $Ng - Np = 0,023$, $2V = + 50^\circ$, $cNg = 36^\circ$.

Г и п е р с т е н отмечается приблизительно в тех же количествах, что и авгит, имеет форму вытянутых табличек, размером до 0,5—0,7 мм. Ясно плеохроирует от зеленоватого по Ng до розово-желтого по Np. Удлинение положительное. Угол $2V = - 70^\circ$, $cNg = 12^\circ$.

Структура основной массы микролитовая или гиалопилитовая.

Многочисленные прямоугольные кристаллики плагиоклаза и вытянутые микролиты пироксена и магнетита погружены в чуть желтоватое, иногда буроватое прозрачное стекло.

Плагиоклаз микролитов обнаруживает (в обр. 96 и 783) в сечении $\perp [1001]$ углы погасания: 25, 26, 28, 30, 31° , что соответствует 40, 43, 45, 46, 50% An.

*Гомеогенные включения в андезитах агломератового потока
и нового экструзивного купола
(образцы 97a, 103a, 108a, 113)*

Под микроскопом гомеогенные включения резко отличаются от вмещающей их породы главным образом по структуре.

Включения представляют собой пористую массу из лейст роговой обманки, табличек плагиоклаза и зерен магнетита, сильно пропитанных чистым бесцветным стеклом и кристобалитом.

Часты вкрапленники плагиоклаза (размером до 1,5 мм) и роговой обманки. Максимальные размеры фенокристаллов роговой обманки 2 X 2,5 мм.

Плагиоклаз гомеогенных включений по форме и составу близок к составу фенокристаллов самой породы и отвечает кислому Лабрадору с 55—60% An.

Р о г о в а я о б м а н к а обыкновенная, зеленая с заметным плеохроизмом, очень свежая и чистая ($cNg = 27^\circ$, $Ng - Np = 0,02$, $2V = - 85^\circ$).

В отличие от вмещающей породы опацификация отсутствует совершенно.

Промежутки между лейстами роговой обманки и кристаллами плагиоклаза заполнены чистым прозрачным стеклом с кристобалитом. Кристобалит образует типичные тонкочешуйчатые агрегаты, бесцветен, имеет отрицательный рельеф, низкое двупреломление.

Минералогически гомеогенное включение отличается от вмещающей породы большим количеством роговой обманки, кристобалита и отсутствием пироксена.

Количественно-минералогический подсчет в шлифах дает следующие соотношения между породой и гомеогенным включением:

Вмещающая порода, %	Гомеогенное включение, %
Плаггиоклаз	19,3
Роговая обманка	7,5
Пироксен	2,9
Основная масса	69,8
Магнетит	0,7
	24
	32
	—
	42
	1,8

Из приведенной характеристики включений вытекает, что они по сравнению с вмещающим их андезитом имеют:

1) несколько иной минералогический состав (большое количество роговой обманки);

2) иную структуру (микроструктура включений гиалиновая).

Близкий к андезиту минералогический состав включений и способ размещения их в андезите заставляет предполагать, что они образовались из андезита.

Петрохимические особенности лав вулкана Безымянного

Продукты вулканических извержений вулкана Безымянного, химические составы которых изображены на диаграмме А. Н. Заварицкого, представлены главным образом андезитами с вариациями от основных двупироксеновых андезитов до кислых роговообманковых андезитов, андезито-дацитов и дацитов (табл. 1; рис. 14).

Наиболее древние породы восточной постройки вулкана Безымянного представлены роговообманково-гиперстеновыми андезитами, содержащими в качестве небольшой примеси мелкие зерна авгита, и двупироксеновыми андезитами, иногда с большим количеством авгита.

Фигуративные точки этих пород располагаются на диаграмме в участке, отвечающем по составу среднему андезиту. Векторы пород направлены вниз вправо с крайне незначительным отклонением от вертикального положения, что говорит о богатстве породы магнезией. Судя по диаграмме, химические составы пород отвечают составу гиперстеново-авгитовых андезитов. Присутствие роговой обманки в породе графически совершенно не выражается. Это обстоятельство связано с особенностями кристаллизации роговой обманки в камчатских лавах.

По-видимому, наличие крупных кристаллов роговой обманки, часто отороченных каймой, состоящей из агрегата мелкозернистых минералов (плаггиоклаз, магнетит, гиперстен), в наших породах характеризует особые условия кристаллизации лавы, когда последняя не теряет воду; вода в этом случае идет на формирование роговой обманки.

Подобные примеры указывает С. И. Набоко в лавах камчатских вулканов (Набоко, 1959).

Несоответствие химического и минералогического составов породы говорит о гетероморфизме этих лав.

Химические составы лав наиболее древних куполов также отвечают составу андезитов, характеризуясь в отличие от лав древних потоков несколько более высоким содержанием кремнезема и большой известковистостью.

По минералогическому составу лавы древних куполов несколько отличаются от древних потоков того же состава — в них спорадически встречаются довольно крупные зерна авгита, что на диаграмме выразилось более резким поворотом векторов вправо. Любопытно, что анализ обр. 87, представляющего собой роговообманковый андезит без при-

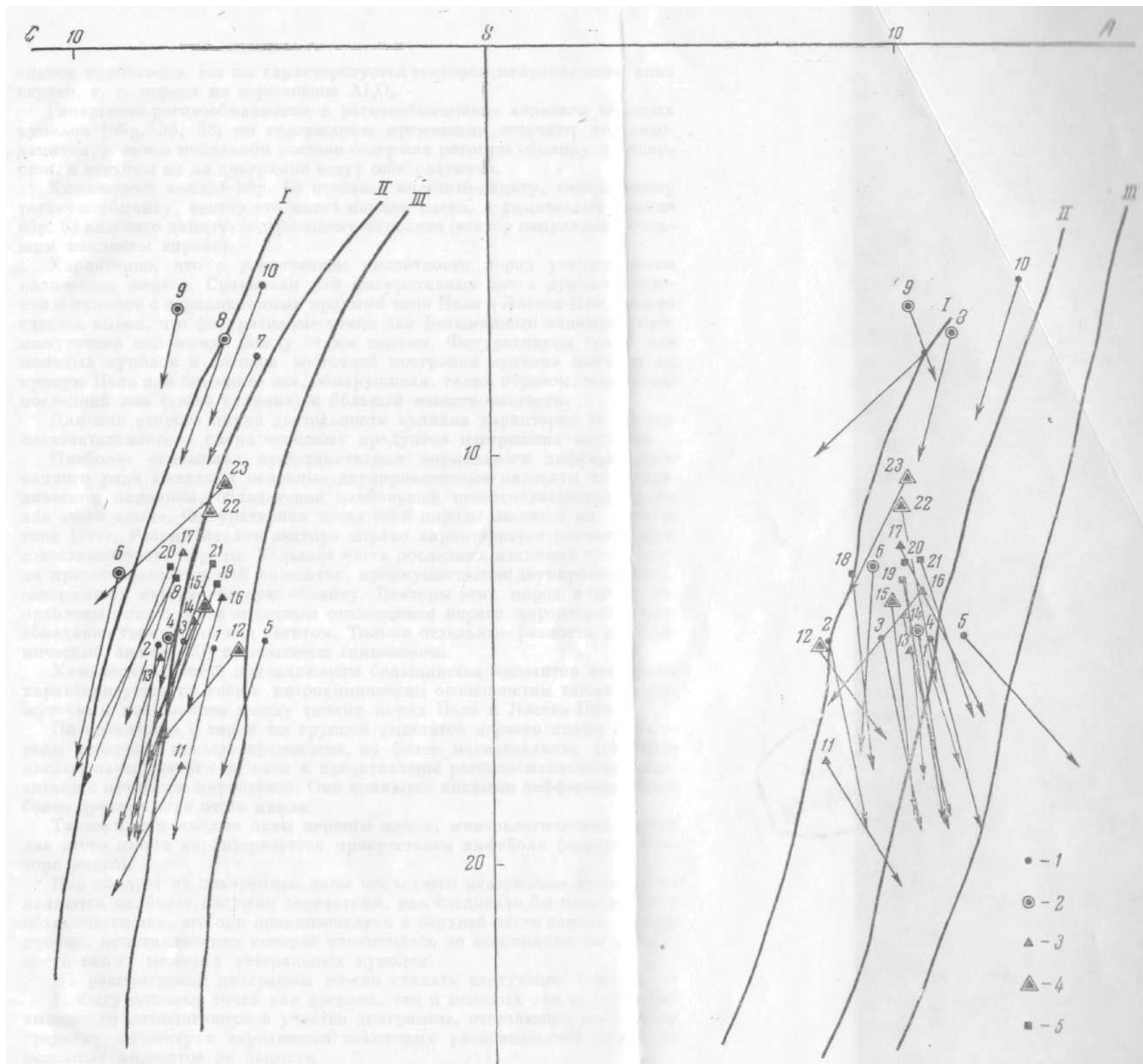


Рис. 14. Диаграммы числовых характеристик состава лав вулкана Безымянного.

I — лавы восточной постройки вулкана; 2 — старые куполы восточной постройки; 3 — лавы западной вулканической постройки; 4 — молодые К] 5 — агломератовая лава и купол извержения 1955—1956гг. I — III — вариационные кривые по А. Н. Заварицкому

знаков пироксенов, все же характеризуется вектором, направленным вниз вправо, т. е. порода не пересыщена Al_2O_3 .

Гиперстено-роговообманковые и роговообманковые андезиты молодых куполов (обр. 56, 63) по содержанию кремнезема отвечают андезито-дацитам, в своем модальном составе содержат роговую обманку и гиперстен, и векторы их на диаграмме ведут себя различно.

Химический анализ обр. 56 отвечает андезито-дациту, содержащему роговую обманку, вектор его имеет наклон влево, а химический анализ обр. 63 андезито-дациту, содержащему пироксен (вектор направлен с большим наклоном вправо).

Характерно, что с увеличением кислотности пород увеличивается количество железа. Сравнивая ряд фигуративных точек древних потоков и куполов с вариационными кривыми типа Пеле и Лассен-Пик, можно сделать вывод, что фигуративные точки лав Безымянного занимают промежуточное положение между этими типами. Фигуративные точки лав молодых куполов и потоков восточной постройки вулкана ложатся на кривую Пеле или близко от нее, обнаруживая, таким образом, тенденцию последних лав (этого вулкана) к большей известковистости.

Для лав второго цикла деятельности вулкана характерна та же последовательность в смене основных продуктов извержения кислыми.

Наиболее основными представителями нормального дифференцированного ряда являются основные двупироксеновые андезиты со спорадическим оливином, обладающие наибольшей известковистостью среди лав этого цикла. Фигуративная точка этой породы ложится на кривую типа Пеле. Резкий наклон вектора вправо характеризует значительную известковистость породы. Большая часть последних излияний этого цикла представлена группой андезитов, преимущественно двупироксеновых, содержащих иногда роговую обманку. Векторы этих пород обычно направлены вниз с незначительным отклонением вправо, характеризуя преобладание гиперстена над авгитом. Только отдельные разности лав (химический анализ 60) пересыщены глиноземом.

Химический состав подавляющего большинства андезитов этой фазы характеризуется по своим петрохимическим особенностям также промежуточным положением между типами пород Пеле и Лассен-Пик.

По сравнению с такой же группой андезитов первого цикла эти породы содержат меньше кремнезема, но более магнезиальны. Наиболее кислые лавы слагают куполы и представлены роговообманковыми андезитами с примесью пироксенов. Они являются кислыми дифференциатами более древних лав этого цикла.

Также как и кислые лавы первого цикла, минералогический состав лав этого цикла характеризуется присутствием амфибола (поворот вектора влево).

Как следует из диаграммы, лавы последнего извержения вулкана не являются наиболее кислыми дериватами, как следовало бы ожидать. Это объясняется тем, что они локализовались в верхней части канала в виде пробки, кристаллизация которой закончилась до выжимания на поверхность самых молодых латеральных куполов.

Из рассмотрения диаграммы можно сделать следующие выводы.

1. Фигуративные точки как древних, так и молодых лав вулкана Безымянного располагаются в участке диаграммы, отвечающем по составу среднему андезиту с вариациями некоторых разновидностей пород от основных андезитов до дацитов.

2. Лавы первого и второго этапов деятельности вулкана характеризуются одной и той же последовательностью в смене основных пород кислыми, что говорит о дифференциации магмы в канале вулкана.

Химический

состав лав

№ п. п.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺
1	57,70	0,68	17,58	3,25	2,80	0,23	3,89	6,90	3,82	1,30	—	—
2	58,61	0,74	17,71	4,38	2,46	0,14	3,94	7,56	3,06	0,85	—	—
3	58,30	0,77	18,00	3,78	3,27	0,16	4,02	6,80	3,40	1,29	—	—
4	55,50	1,20	18,70	3,19	4,26	0,15	3,73	6,87	3,90	0,99	0,46	0,84
5	59,36	0,56	16,62	3,81	3,59	0,12	2,32	7,40	3,72	1,27	0,09	0,63
6	56,27	0,90	19,56	3,62	3,09	0,16	3,20	7,07	3,43	0,84	0,34	1,90
7	66,30	0,37	17,81	2,82	1,04	0,10	1,14	4,55	3,91	1,41	0,07	—
8	63,86	0,96	18,10	2,43	2,19	0,14	1,31	5,11	4,05	1,50	0,04	0,08
9	63,56	0,40	18,38	2,11	3,01	0,11	0,72	6,30	3,96	0,97	0,36	0,66
10	65,52	0,30	18,17	1,69	1,53	0,15	1,20	4,51	4,59	1,80	0,28	0,06
11	56,56	0,74	16,81	5,74	3,88	0,14	3,13	8,68	2,68	1,34	0,08	0,70
12	60,28	0,55	15,18	5,89	3,59	0,10	1,93	6,86	2,38	1,91	0,12	0,94
13	56,02	0,86	19,23	5,74	2,02	0,16	3,54	7,49	3,61	1,02	0,12	0,18
14	58,49	1,02	17,97	2,32	3,91	0,10	4,02	6,87	3,65	1,33	0,04	0,22
15	60,64	0,64	17,47	4,43	1,63	0,15	4,03	6,20	3,58	1,11	—	—
16	59,00	0,73	19,68	6,99	0,57	0,09	2,13	5,35	3,91	1,14	—	—
17	58,96	0,94	17,78	2,12	3,67	0,14	3,70	6,08	3,63	1,14	0,12	0,17
18	61,15	0,72	16,65	2,70	3,81	0,14	3,58	6,20	2,88	1,60	0,32	—
19	59,82	0,57	17,19	3,69	3,35	0,13	2,80	6,86	3,60	1,30	—	0,08
20	58,80	0,66	18,33	4,24	1,72	0,19	3,88	6,50	3,50	1,45	1,03	0,08
21	59,94	0,88	17,57	3,17	3,22	0,14	2,81	6,97	3,80	1,32	—	—
22	60,88	0,96	17,42	3,18	2,96	0,13	2,81	6,27	4,65	1,20	0,02	—
23	60,96	0,78	17,79	2,72	3,73	0,14	1,73	5,14	2,61	2,84	0,22	0,79

Примечания. 1 — обр. 795 — роговообманково-пироксеновый андезит из пирокластической толщи восточной вулканической постройки, аналитик М. П. Баранова; 2 — обр. 106 — роговообманково-пироксеновый андезит из пирокластической толщи восточной вулканической постройки, аналитик Н. С. Классова; 3 — обр. 109 — роговообманково-пироксеновый андезит из пирокластических отложений на северных отрогах вулкана Зимина, аналитик М. П. Баранова; 4 — обр. 84 — роговообманковый андезит из экструзивного купола № 3 «Плотины», аналитик Н. С. Классова; 5 — обр. 35 — двупироксеновый андезит. Старый лавовый поток на южном склоне вулкана, аналитик В. Г. Сильниченко; 6 — обр. 87 — роговообманково-пироксеновый андезит из экструзивного купола № 4 «Плотины», аналитик Н. С. Классова; 7 — обр. 39 — роговообманково-пироксеновый андезито-дацит. Старый лавовый поток на юго-восточном склоне вулкана, аналитик Н. С. Классова; 8 — обр. 56 — роговообманковый андезито-дацит. Купол Гладкий, аналитик Н. С. Классова; 9 — обр. 63 — роговообманково-гиперстеновый андезито-дацит. Купол Правильный, аналитик В. Г. Сильниченко; 20 — обр. 31 — роговообманково-гиперстеновый андезито-дацит. Старый лавовый поток на юго-восточном склоне вулкана, аналитик Н. С. Классова; 11 — обр. 40 — двупироксеновый андезит. Лавовый поток, ВЫХОДЯЩИЙ ИЗ-ПОД купола Лохматый,

SO ₂	Сумма	a	c	b	s	f'	m	c'	n	t	φ	a'
—	99,54	10,7	6,8	14,6	68,00	40,80	47,10	12,10	81,40	0,9	20,40	—
—	99,45	8,2	8,1	14,60	69,10	43,50	46,50	10,00	82,20	0,9	26,00	—
—	99,78	9,5	7,5	14,5	68,50	44,00	48,00	8,20	81,00	0,9	22,00	—
—	99,90	10,46	7,9	14,4	67,10	48,20	45,70	5,96	85,10	1,6	19,00	—
0,06	99,55	11,5	5,5	14,5	68,50	47,20	27,60	25,20	71,20	0,7	23,00	—
—	100,38	9,3	9,1	12,8	68,80	51,40	45,20	—	86,00	1,05	26,00	3,4
—	99,52	10,7	5,6	7,6	76,00	46,00	25,20	—	80,70	0,35	32,00	28,80
—	99,77	11,3	6,4	7,1	75,20	60,80	31,30	—	80,00	1,00	29,30	7,80
0,06	100,60	10,3	7,5	6,4	75,60	74,40	18,80	6,60	86,20	0,4	26,60	—
—	99,80	13,0	5,5	5,8	75,70	52,80	35,50	—	80,00	0,4	26,00	11,70
0,07	99,85	8,1	7,6	17,5	66,90	50,40	30,80	18,40	75,40	0,9	28,80	—
0,06	99,64	8,0	6,4	14,7	71,30	61,00	23,50	15,50	64,00	0,5	36,00	—
—	100,09	10,2	8,1	14,8	67,00	50,00	41,50	8,60	84,5	1,1	34,90	—
—	99,94	10,1	7,2	14,0	68,50	41,10	49,50	9,40	80,10	1,3	13,86	—
—	99,88	9,8	7,0	13,6	69,50	42,30	53,00	4,70	81,00	0,8	29,00	—
—	99,61	10,5	6,6	13,4	69,50	49,00	27,80	—	84,00	0,9	45,00	23,00
—	100,21	9,9	7,5	12,3	70,70	35,92	43,00	21,10	83,00	1,1	12,14	—
—	99,35	8,8	7,7	13,0	70,00	47,00	47,00	4,82	74,00	0,9	17,30	—
—	99,39	10,0	6,7	13,1	70,12	49,40	46,70	13,80	80,70	0,6	25,58	—
—	100,38	10,1	7,8	12,7	70,00	44,00	53,00	3,90	79,00	0,8	29,00	—
—	99,82	10,4	6,8	12,6	70,20	47,00	39,00	14,00	81,00	1,1	22,00	—
—	99,48	10,0	6,9	11,3	72,00	49,00	43,00	8,00	83,00	1,7	23,60	—
0,04	99,49	10,2	6,5	10,6	72,90	57,00	28,00	—	58,00	0,7	22,70	15,0

аналитик В. Г. Сильниченко; 12 — обр. 14 — роговообманковый андезит. Купол Экспедиции, аналитик В. Г. Сильниченко; 13 — обр. 1 — двупироксеновый андезит. Лавовый поток на западном склоне вулкана, аналитик Н. С. Классова; 14 — обр. 9 — двупироксеновый андезит. Лавовый поток на западном склоне вулкана, аналитик Н. С. Классова; 15 — обр. 33 — роговообманковый андезит. Купол Лохматый, аналитик Н. С. Классова; 16 — обр. 60 — роговообманково-пироксеновый андезит, вершинный лавовый поток на западном склоне вулкана, аналитик Н. С. Классова; 17 — обр. 68 — роговообманково-пироксеновый андезит, вершинный лавовый поток на западном склоне вулкана, аналитик Н. С. Классова; 18 — обр. 136 — роговообманково-пироксеновый андезит из агломеративного потока извержения 1955—1956 гг., аналитик М. П. Баранова; 19 — обр. 782 — роговообманково-пироксеновый андезит, купол Новый, аналитик И. И. Товарова; 20 — обр. 841 — роговообманково-пироксеновый андезит из агломеративного потока извержения 1955—1956 гг., аналитик М. П. Баранова; 21 — обр. 769 — роговообманково-пироксеновый андезит из агломеративного потока извержения 1955—1956 гг., аналитик И. И. Товарова; 22 — обр. 53 — роговообманково-пироксеновый андезит, купол Треугольный Зуб, аналитик Н. С. Классова; 23 — обр. 55 — роговообманково-пироксеновый андезит, купол Побочный, аналитик В. Г. Сильниченко.

3. Расположение фигуративных точек лав всех этапов деятельности на одной и той же вариационной кривой говорит об отсутствии магматической дифференциации в очаге, а излияние основных лав западной постройки вулкана после последних кислых потоков восточной части вулкана — об отсутствии больших перерывов в деятельности вулкана.

4. Некоторый разброс роя фигуративных точек как лав последнего извержения, так и одновозрастных лав прошлых извержений является, по-видимому, характерной особенностью вулкана Безымянного.

ЛИТЕРАТУРА

- Б о г о я в л е н с к а я Г. Е. Вулкан Безымянный и его экструзивные образования. «Бюлл. Вулканол. станции», № 26, 1957.
- В и н ч е л л А. Н. и В и н ч е л л Г. Оптическая минералогия. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1953.
- В л о д а в е ц В. И. Ключевская группа вулканов. «Тр. Камчатск. вулканол. станции», вып. 1, 1940.
- Г о р ш к о в Г. С. Извержение сопки Безымянной (предварительное сообщение). «Бюлл. Вулканол. станции», № 26, 1957.
- Г о р ш к о в Г. С. К вопросу о классификации некоторых типов взрывных извержений. Сб. «Проблемы вулканизма». Ереван, 1959.
- З а в а р и ц к и й А. Н. Северная группа вулканов Камчатки. «Тр. СОПС АН СССР, серия камчатская», вып. 1, 1935.
- З а в а р и ц к и й А. Н. Вулканы Камчатки. «Тр. Лабор. вулканол.», вып. 10, 1955.
- П и и п Б. И. Ключевская сопка и ее извержения в 1944—1945 гг. и в прошлом. «Тр. Лабор. вулканол.», вып. 11, 1956.
- Н а б о к о С. И. Четвертичный и современный вулканизм Камчатки и петрохимические особенности лав. «Материалы к XXI Межд. геол. конгр.», 1959.
- G o r s h k o v G. S. Gigantic eruption of the Volcano Bezymianny. Bull. Volcanol., ser. 2, t. XX, 1959